

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 676 624**

51 Int. Cl.:

F16H 37/04 (2006.01)

G01M 13/00 (2006.01)

F03D 15/00 (2006.01)

F03D 17/00 (2006.01)

F16H 1/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.01.2007 PCT/DK2007/000035**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.08.2007 WO07085259**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.01.2007 E 07700169 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.06.2018 EP 1977108**

54 Título: **Una caja de engranajes epicicloidal y una turbina eólica que comprende al menos una caja de engranajes epicicloidal**

30 Prioridad:

25.01.2006 DK 200600114

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

23.07.2018

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)

Hedeager 42

8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

DEMTRÖDER, JENS

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 676 624 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Una caja de engranajes epicicloidal y una turbina eólica que comprende al menos una caja de engranajes epicicloidal

5

Antecedentes de la invención

La invención se refiere a una caja de engranajes epicicloidal de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y una turbina eólica que comprende al menos una caja de engranajes de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 15.

10

Descripción de la técnica relacionada

Es bien conocida la supervisión del estado de cajas de engranajes, motores, transmisiones y otros componentes eléctricos y/o mecánicos que comprenden partes que rotan durante el uso. Particularmente en cajas de engranajes de turbina eólica usadas en instalaciones remotas, tales como en turbinas eólicas marinas que funcionan sin supervisión permanente, las técnicas de supervisión de vibración han demostrado ser muy eficientes para la detección de problemas en una etapa temprana, haciendo posible de ese modo iniciar un mantenimiento preventivo o reparación antes de que tengan lugar daños mayores.

15

20

Los engranajes epicicloidales son apropiadamente la realización más compacta de una caja de engranajes, y en ciertas aplicaciones, tales como las turbinas eólicas, en las que el tamaño y peso mínimo son importantes, está muy extendido el uso de cajas de engranajes epicicloidales. Pero los engranajes epicicloidales tienen el inconveniente fundamental de que se desmenuzan a partir de un pequeño daño inicial que pueda arrancarse a través de contactos de los engranajes y cojinetes y provocar de ese modo daños secundarios graves.

25

En el peor de los casos, el desmenuzamiento puede provocar que toda la caja de engranajes se agarrote, provocando fuertes daños no solamente a la caja de engranajes en sí sino también a los equipos que proporcionan la entrada y a los equipos que reciben la salida de la caja de engranajes.

30

Es por lo tanto conocido proporcionar a la carcasa de la caja de engranajes con uno o más acelerómetros o micrófonos para la supervisión del estado de los engranajes y cojinetes. Se filtra a continuación la salida desde estos sensores, usando métodos más o menos complejos, para tener la capacidad de identificar daños o situaciones potencialmente destructivas.

35

Pero en las cajas de engranajes tales como cajas de engranajes epicicloidales, cuando las partes rotativas rotan sobre otras partes rotativas, las amplitudes de las vibraciones relativamente pequeñas de los daños iniciales pueden fácilmente modularse, por ejemplo, por fuertes impactos de los engranajes, haciendo de ese modo muy difícil recoger o identificar las frecuencias significativas.

40

Un objeto de la invención es por lo tanto proporcionar una técnica para mejorar la detección de los daños tanto iniciales como secundarios en cajas de engranajes de turbina eólica.

Además, es un objeto de la invención proporcionar una técnica para la mejora de la detección de los daños tanto iniciales como secundarios en cajas de engranajes epicicloidales.

45

El documento EP1184567A describe una transmisión para un generador eólico.

El documento AU672166B3 describe un método de realización del promediado selectivo de la señal de datos de vibración desde cajas de engranajes epicicloidales.

50

El documento DE19954164A1 describe el uso de una capa de carbón amorfa como un sensor.

La invención

55

La invención proporciona una caja de engranajes epicicloidales y una turbina eólica que comprende al menos una caja de engranajes epicicloidales. La caja de engranajes comprende uno o más sensores para medir valores de estado de la turbina eólica, y se caracteriza por que los uno o más sensores se montan sobre una o más partes rotativas de la caja de engranajes.

60

La colocación de los sensores sobre las partes rotativas de la caja de engranajes es ventajosa, porque los sensores se posicionan entonces más próximos a o sobre las piezas de la caja de engranajes, tales como engranajes, árboles, cojinetes —tanto el anillo de cojinete interior como el anillo exterior— porta-engranajes, etc., que proporcionan los valores de estado, que pueden usarse para predecir o detectar un defecto en la caja de engranajes u otras partes rotativas o móviles de la turbina eólica.

65

Además, el posicionamiento de los sensores sobre las partes rotativas de la caja de engranajes crea una trayectoria de transmisión más directa para los ruidos soportados por la estructura o vibraciones generadas por un posible defecto, permitiendo de ese modo que se detecte un daño inicial pequeño antes de que provoque cualquier daño importante. Adicionalmente, cuanto antes se detecte un posible defecto mayores son las oportunidades de que haya tiempo de iniciar un mantenimiento preventivo, sin tener que parar toda la turbina eólica.

En un aspecto de la invención, dicha al menos una caja de engranajes es una caja de engranajes epicicloidal que comprende al menos dos engranajes satélite incluyendo cada uno un árbol de engranajes satélite, comprendiendo adicionalmente dicha caja de engranajes epicicloidal de acuerdo con la invención reivindicada al menos un portasatélites que conecta dichos engranajes satélite.

Las cajas de engranajes epicicloidal comprenden varias partes rotativas montadas sobre otras partes rotativas, haciendo de ese modo difícil identificar o recoger vibraciones que se originen por posibles defectos —especialmente defectos que se originen a partir de partes rotativas dobles—. Es por lo tanto particularmente ventajoso colocar los sensores sobre las partes rotativas en una caja de engranajes epicicloidal.

En un aspecto de la invención, dichos uno o más sensores se montan sobre, o en estrecha proximidad, a uno o más de dichos al menos dos árboles de engranajes satélite.

Es ventajoso colocar los sensores sobre, o en estrecha proximidad con, los árboles de engranajes satélite, porque los árboles en la mayor parte de cajas de engranajes epicicloidal son fácilmente accesibles y porque al menos parte de los árboles de engranajes satélite no están expuestos al aceite del engranaje.

Además, los engranajes satélite montados sobre los árboles en algún punto se ponen en contacto con la mayor parte de los otros engranajes en la caja de engranajes epicicloidal, asegurando de ese modo que se detecta tempranamente un defecto.

De acuerdo con la invención reivindicada, dichos uno o más sensores se montan sobre dicho al menos un portasatélites.

El portasatélites en la mayor parte de las cajas de engranajes epicicloidal es fácilmente accesible y no está directamente expuesto al aceite de engranajes, lo que es ventajoso porque, se reduce de ese modo el riesgo de que el aceite de engranajes interfiera con las mediciones de los sensores o dañe los sensores.

Además, a través de los árboles de engranajes satélite, se conecta el portasatélites a todos los engranajes satélite, lo que es ventajoso, porque se proporciona de ese modo una buena trayectoria de transmisión para vibraciones soportadas por la estructura desde todas las partes críticas de la caja de engranajes.

En un aspecto de la invención, cada uno de dicho al menos un portasatélites comprende solamente un sensor.

Proporcionar al portasatélites solamente un sensor es ventajoso, porque proporciona una forma rentable de detectar defectos.

De acuerdo con la invención reivindicada, dichos uno o más sensores comprenden medios para medir vibraciones y/o emisión acústica.

La supervisión de las vibraciones y/o la emisión acústica desde, por ejemplo, una caja de engranajes, es una forma probada y eficiente de detectar defectos en una etapa temprana. Es por lo tanto ventajoso proporcionar los sensores con medios para medir vibraciones y/o emisión acústica.

En un aspecto de la invención, dichos uno o más sensores son uno o más acelerómetros y/o uno o más micrófonos.

El uso de acelerómetros y/o micrófonos, es una forma probada y eficiente de detectar defectos sobre partes móviles o rotativas en una etapa temprana. Es por lo tanto ventajoso si los sensores son acelerómetros y/o micrófonos.

Debería remarcarse que el término "acelerómetro" se refiere a un sensor que mide la aceleración o más específicamente un dispositivo usado para medir la tasa de cambio de la velocidad en un período de tiempo específico. Un acelerómetro puede medir la aceleración en una dirección, puede medir la aceleración en diversas direcciones tal como en dos o tres direcciones, por ejemplo perpendiculares entre sí o puede comprender diversos acelerómetros construidos juntos para formar un único acelerómetro capaz de medir la aceleración en diversas direcciones.

En un aspecto de la invención, dichos uno o más sensores se conectan a uno o más transmisores de datos para transmitir datos a un receptor de datos externo.

La conexión de los sensores a transmisores de datos para transmitir valores de estado —recogidos por los

sensores— a un receptor de datos externos, es ventajoso porque, es posible de ese modo reducir la cantidad de equipos eléctricos colocados en el interior de la caja de engranajes, permitiendo de ese modo que, por ejemplo, los datos puedan analizarse fuera de la caja de engranajes por equipos colocados en un entorno más amistoso y controlado.

5 En un aspecto de la invención, dicha conexión se realiza de modo inalámbrico.

La conexión de los sensores al transmisor de datos de modo inalámbrico es ventajosa porque entre otras cosas proporciona un procedimiento de instalación más simple y barato.

10 En un aspecto de la invención, dichos uno o más transmisores de datos se montan sobre dichas una o más partes rotativas de dicha caja de engranajes.

15 La colocación de los transmisores de datos sobre una parte rotativa en la caja de engranajes es ventajosa, porque los transmisores de datos se posicionan entonces en estrecha proximidad con los sensores.

En un aspecto de la invención, más de uno de dichos uno o más sensores se conectan al mismo transmisor de datos.

20 La conexión de más sensores al mismo transmisor de datos proporciona una forma simple y rentable para transmitir las mediciones de los sensores.

En un aspecto de la invención, dichos uno o más transmisores de datos comprenden medios para transmitir datos continuamente durante el funcionamiento de dicha caja de engranajes.

25 La transmisión de datos continuamente es ventajosa, porque es posible de ese modo supervisar la caja de engranajes y otros componentes de la turbina eólica continuamente, permitiendo de ese modo que se detecte un posible defecto más o menos tan pronto como sea posible.

30 En un aspecto de la invención, dichos uno o más transmisores de datos comprenden medios para transmitir datos tras la recepción de una solicitud desde un emisor solicitante externamente situado.

Hacer que el transmisor de datos transmita datos solamente cuando recibe una solicitud de un emisor solicitante situado externamente es ventajoso, porque esto hace posible reducir la transmisión de datos y por esto reducir el consumo de potencia de los sensores y transmisores dentro de la caja de engranajes. El emisor solicitante podría ser, por ejemplo, una unidad de supervisión que supervisa el estado de diversos o de todos los componentes de la turbina eólica. Cuando la unidad detecta por otros medios que pudiera haber un problema en la caja de engranajes o en otros componentes conectados de la turbina eólica, podría emitir una señal al transmisor de datos, solicitando datos desde los sensores para conformar o dar soporte a la sospecha de un problema.

40 En un aspecto de la invención, dichos uno o más transmisores de datos están cableados a dicho receptor de datos externo, por ejemplo, a través de una conexión de anillo deslizante o escobillas.

45 El cableado físico proporciona una técnica de conexión segura y fiable que es ventajosa en la conexión con establecimiento de comunicación eléctrica entre el transmisor de datos y el receptor de datos externo.

Además, debería remarcarse que "la conexión de anillo deslizante o escobillas" son solamente dos de un cierto número de diferentes formas de transmitir señales eléctricas desde un árbol rotativo a una parte fija sin hacerlo de modo inalámbrico.

50 En un aspecto de la invención, dichos uno o más transmisores de datos comprenden medios para transmitir dichas mediciones de sensores de modo inalámbrico.

55 La conexión de partes fijas con partes rotativas por medio de hilos o cables puede ser muy compleja y especialmente si la parte rotativa se monta sobre otra parte rotativa. Es por lo tanto ventajoso proporcionar a los transmisores de datos medios para transmitir los datos de modo inalámbrico.

En un aspecto de la invención, dichos uno o más transmisores de datos comprenden un transpondedor.

60 El uso de un transpondedor es ventajoso, porque los transmisores de datos y sensores no necesitan una fuente de alimentación permanente. De modo inalámbrico el transpondedor es alimentado con un impulso electromagnético desde el exterior de la caja de engranajes, haciendo que genere potencia suficiente para que los sensores midan los valores de estado y los transmitan de vuelta a un receptor de datos externo.

65 En un aspecto de la invención, dichos uno o más transmisores de datos y dichos uno o más sensores se forman de modo integral como una unidad.

La formación de sensores y transmisores de datos como una unidad es ventajosa, porque pueden reducirse de ese modo los costes totales de producción y montaje.

5 En un aspecto de la invención, dichos uno o más sensores se conectan a una o más unidades de procesamiento de datos.

La conexión de los sensores a una unidad de procesamiento de datos es ventajosa, porque de ese modo es posible filtrar, comprimir, analizar o procesar en otra forma los datos de los sensores y permite de ese modo una detección más rápida de defectos o daños a la caja de engranajes o a otros equipos de la turbina eólica.

10 En un aspecto de la invención, dichas una o más unidades de procesamiento de datos se montan sobre dichas una o más partes rotativas de dicha caja de engranajes.

15 La colocación de la unidad de procesamiento de datos sobre partes rotativas en la caja de engranajes es ventajosa, porque de ese modo es fácil conectar los sensores y/o transmisores de datos a la unidad de procesamiento de datos, sin tener que proporcionar cables sobre uniones rotativas.

20 Adicionalmente sería bastante difícil transmitir todos los datos en bruto desde los sensores a una unidad de procesamiento de datos situada externamente. Primero de todo debido a que la cantidad recobrada de datos requeriría un gran ancho de banda y requeriría relativamente mucha potencia para ser transmitida, en segundo lugar debido a que el riesgo de pérdidas o de ruidos en la señal podría reducir la calidad de los datos. Si los datos se procesan en la caja de engranajes, por ejemplo, solamente se necesitaría transmitir una señal de alarma todo-nada en caso de que se detecte un problema.

25 En un aspecto de la invención, más de uno de dichos uno o más sensores se conectan a la misma unidad de procesamiento de datos.

La conexión de diversos sensores a la misma unidad de procesamiento de datos es ventajosa, porque se reducen de ese modo los costes del equipo y los costes de montaje.

30 En un aspecto de la invención, dichas una o más unidades de procesamiento de datos comprenden medios para detectar defectos en dicha caja de engranajes basándose en las mediciones de dichos uno o más sensores.

35 Hacer que las unidades de procesamiento de datos comprendan medios para detectar defectos en la caja de engranajes es ventajoso, porque se hace posible de ese modo evitar la transmisión de datos continua al exterior. La cantidad relativamente grande de datos en bruto desde los sensores podría procesarse y analizarse dentro de la caja de engranajes, donde después la unidad de procesamiento de datos solo tendría que emitir (o retirar) una señal simple en el caso de que se detectara un defecto.

40 En un aspecto de la invención, dichas una o más unidades de procesamiento de datos comprenden medios para generar una señal de alarma cuando se detecta un defecto en dicha caja de engranajes.

45 Hacer que la unidad de procesamiento de datos genere una señal de alarma cuando detecta un defecto es ventajoso, porque esta señal podría ser mucho más simple que, por ejemplo, una señal de sensor constante, reduciendo de ese modo el riesgo de que se pierdan datos e incrementando de ese modo la fiabilidad del sistema.

En un aspecto de la invención, dichas una o más unidades de procesamiento de datos comprenden medios para filtrar dichas una o más mediciones de sensores.

50 Las señales desde los sensores podrían incluir una gran cantidad de información no deseada tales como fluctuaciones a corto plazo o ruido estático. Es por lo tanto ventajoso filtrar las mediciones de los sensores antes de que se analicen para simplificar y acelerar el proceso de análisis y para reducir la cantidad de datos, haciendo posible de ese modo una transmisión de datos más simple y fiable.

55 En un aspecto de la invención, dichas una o más unidades de procesamiento de datos comprenden medios para comprimir los datos de dichas una o más mediciones de sensores.

Es ventajoso comprimir los datos, porque debido a la reducida cantidad de datos, puede hacerse posible una transmisión de datos más simple y fiable.

60 En un aspecto de la invención, dichas una o más unidades de procesamiento de datos y dichos uno o más transmisores de datos se forman de modo integral como una unidad.

65 La formación de las unidades de procesamiento de datos y los transmisores de datos como una unidad es ventajosa, porque pueden reducirse de ese modo los costes totales de producción y montaje.

ES 2 676 624 T3

- En un aspecto de la invención, dichas una o más unidades de procesamiento de datos y dichos uno o más sensores se forman de modo integral como una unidad.
- 5 La formación de las unidades de procesamiento de datos y de los sensores como una unidad es ventajosa, porque pueden reducirse de ese modo los costes totales de producción y montaje.
- En un aspecto de la invención, dichos uno o más sensores se montan en uno o más de dichos al menos dos árboles de engranajes satélite.
- 10 El montaje de los sensores en los árboles, por ejemplo en orificios interiores, rebajes u otros tipos de cavidades en los árboles proporciona un entorno más controlado y protegido para los sensores reduciendo de ese modo el riesgo de daños o defectos en los sensores.
- 15 La invención se refiere adicionalmente a una caja de engranajes epicicloidal que comprende una carcasa de caja de engranajes, una o más partes de caja de engranajes rotativas con relación a la carcasa, y uno o más sensores para medir los valores de estado de la caja de engranajes. La caja de engranajes epicicloidal se caracteriza por que, los uno o más sensores se montan sobre una o más de las partes rotativas de la caja de engranajes.
- 20 Comparadas con otros tipos de cajas de engranajes, las cajas de engranajes epicicloidales se caracterizan por que comprenden un gran número de partes rotativas y por que comprenden partes rotativas montadas sobre otras partes rotativas. Es por lo tanto particularmente ventajoso montar los sensores que miden el estado de las cajas de engranajes sobre partes rotativas de una caja de engranajes epicicloidal, porque se crea de ese modo una trayectoria más directa entre la fuente y el sensor.
- 25 Hay un riesgo relativamente grande de que vibraciones de defectos, que se originan a partir de la rotación o de un engranaje rotativo "doble", se pierdan si los sensores se colocan sobre un elemento fijo en una caja de engranajes epicicloidal. La colocación de los sensores sobre una o más partes rotativas de una epicicloide crea de ese modo una trayectoria de transmisión más directa para vibraciones soportadas por la estructura que se originan a partir de posibles defectos, incrementando de ese modo la funcionalidad y fiabilidad de los sensores.
- 30 De acuerdo con la invención reivindicada, dichos uno o más sensores se montan en, o en estrecha proximidad a, uno o más árboles de engranajes satélite de dicha caja de engranajes epicicloidal.
- 35 En un aspecto de la invención, dichos uno o más sensores se montan sobre al menos un portasatélites de dicha caja de engranajes epicicloidal.
- En un aspecto de la invención, cada uno de dichos al menos un portasatélites comprende solamente un sensor.
- 40 De acuerdo con la invención reivindicada, dichos uno o más sensores comprenden medios para medir vibraciones y/o emisión acústica.
- En un aspecto de la invención, dichos uno o más sensores son uno o más acelerómetros y/o uno o más micrófonos.
- 45 En un aspecto de la invención, dichos uno o más sensores se conectan a uno o más transmisores de datos para transmitir datos a un receptor de datos externo.
- En un aspecto de la invención, dichos uno o más transmisores de datos se montan sobre dichas una o más partes rotativas de dicha caja de engranajes epicicloidal.
- 50 En un aspecto de la invención, más de uno de dichos uno o más sensores se conectan al mismo transmisor de datos.
- 55 En un aspecto de la invención, dichos uno o más transmisores de datos comprenden medios para transmitir datos continuamente durante el funcionamiento de dicha caja de engranajes epicicloidal.
- En un aspecto de la invención, dichos uno o más transmisores de datos comprenden medios para transmitir datos tras la recepción de una solicitud desde un emisor solicitante externamente situado.
- 60 En un aspecto de la invención, dichos uno o más transmisores de datos comprenden medios para transmitir dichas mediciones de sensores de modo inalámbrico.
- En un aspecto de la invención, dichos uno o más transmisores de datos comprenden un transpondedor.
- 65 En un aspecto de la invención, dichos uno o más transmisores de datos y dichos uno o más sensores se forman de modo integral como una unidad.

En un aspecto de la invención, dichos uno o más sensores se conectan a una o más unidades de procesamiento de datos.

5 En un aspecto de la invención, dichas una o más unidades de procesamiento de datos se montan sobre dichas una o más partes rotativas de dicha caja de engranajes.

En un aspecto de la invención, más de uno de dichos uno o más sensores se conectan a la misma unidad de procesamiento de datos.

10 En un aspecto de la invención, dichas una o más unidades de procesamiento de datos comprenden medios para detectar defectos en dicha caja de engranajes epicicloidal basándose en las mediciones de dichos uno o más sensores.

15 En un aspecto de la invención, dichas una o más unidades de procesamiento de datos comprenden medios para generar una señal de alarma cuando se detecta un defecto en dicha caja de engranajes epicicloidal.

En un aspecto de la invención, dichas una o más unidades de procesamiento de datos comprenden medios para filtrar dichas una o más mediciones de sensores.

20 En un aspecto de la invención, dichas una o más unidades de procesamiento de datos comprenden medios para comprimir los datos de dichas una o más mediciones de sensores.

En un aspecto de la invención, dichas una o más unidades de procesamiento de datos y dichos uno o más transmisores de datos se forman de modo integral como una unidad.

25 En un aspecto de la invención, dichas una o más unidades de procesamiento de datos y dichos uno o más sensores se forman de modo integral como una unidad.

30 En un aspecto de la invención, dichos uno o más sensores se montan en uno o más árboles de engranajes satélite de dicha caja de engranajes epicicloidal.

Figuras

La invención se describirá en lo que sigue con referencia a las figuras en las que

- 35 la fig. 1 ilustra una turbina eólica moderna grande conocida en la técnica, tal como se ve desde el frente,
la fig. 2 ilustra una realización de una góndola de turbina eólica, tal como se ve desde el lateral,
40 la fig. 3 ilustra una realización de una caja de engranajes epicicloidal, tal como se ve desde el frente,
la fig. 4 ilustra una realización de una caja de engranajes epicicloidal que comprende un portasatélites, tal como se ve desde el frente,
45 la fig. 5 ilustra una parte de una sección transversal de una realización de una caja de engranajes epicicloidal, tal como se ve desde el lateral,
la fig. 6 ilustra una realización de un sistema de supervisión de vibraciones para una caja de engranajes epicicloidal, tal como se ve desde el frente, y
50 la fig. 7 ilustra otra realización de un sistema de supervisión de vibraciones para una caja de engranajes epicicloidal, tal como se ve desde el frente.

Descripción detallada

- 55 La fig. 1 ilustra una turbina eólica 1 moderna, que comprende una torre 2 y una góndola de turbina eólica 3 situada en la parte superior de la torre 2. El rotor de la turbina eólica 4, que comprende tres palas de turbina eólica 5, se conecta a la góndola 3 a través del árbol de baja velocidad 6 que se extiende fuera del frente de la góndola 3.
- 60 La fig. 2 ilustra una realización de una góndola 3 de turbina eólica, tal como se ve desde el lateral. El tren de accionamiento en una turbina eólica 1 tradicional conocido en la técnica comprende normalmente un rotor 4 conectado a una caja de engranajes 7 por medio de un árbol de baja velocidad 6. En esta realización el rotor 4 comprende solamente dos palas 5 conectadas al árbol de baja velocidad 6 por medio de un mecanismo de balancín 8, pero en otra realización el rotor 4 podría comprender otro número de palas 5, tal como tres palas 5, que es el número más común de palas 5 en las turbinas eólicas 1 modernas. En otra realización el rotor 4 podría conectarse también directamente a la caja de engranajes 7.
- 65

La caja de engranajes 7 se conecta a continuación al generador 9 por medio de un árbol de alta velocidad 10.

Debido al limitado espacio en la góndola 3 y para minimizar el peso de la góndola 3 el tipo preferido de caja de engranajes 7 en la mayor parte de turbinas eólicas 1 modernas es una caja de engranajes epicicloidal 11, pero son factibles también otros tipos de cajas de engranajes 7, tales como una o más cajas de engranajes rectos, cajas de engranajes sinfín, caja de engranajes helicoidales o una combinación de diferentes tipos de transmisiones y cajas de engranajes 7.

La fig. 3 ilustra una realización de una caja de engranajes 11 epicicloidal tal como se ve desde el frente. Los engranajes satélite 12 engranan con y rotan alrededor de un engranaje planeta 13 en la parte media y engranan con un engranaje corona exterior 14. Las flechas indican que los engranajes satélite 12 giran todos en la misma dirección y que el engranaje planeta 13 gira en la dirección opuesta.

En esta realización la caja de engranajes epicicloidal comprende tres engranajes satélite 12, pero en otra realización podría comprender también otro número tal como dos, cuatro o cinco engranajes satélite 12.

Cada engranaje satélite 12 está provisto con uno o más cojinetes de engranajes satélite 17 y cada uno de los engranajes satélite 12 con los cojinetes se monta sobre un árbol de engranajes satélite 16.

La fig. 4 ilustra una realización de una caja de engranajes epicicloidal 11 que comprende un portasatélites 15, tal como se ve desde el frente. El portasatélites 15 conecta los engranajes satélite 12 mediante la fijación de los árboles de engranajes satélite 16, haciéndolo girar cuando los engranajes satélite 12 se trasladan alrededor del engranaje planeta 13.

Típicamente el engranaje corona 14 se conecta a un bastidor de transporte, a la carcasa de la caja de engranajes o se fija en otras formas, pero en algunos tipos de caja de engranajes epicicloidales 11 el engranaje corona 14 podría también girar. Además, los engranajes ilustrados muestran solamente una etapa de una caja de engranajes 11. Toda la caja de engranajes podría comprender un cierto número de etapas como la mostrada para incrementar la velocidad, o podría comprender un número de etapas diferente, por ejemplo una primera etapa en la que el engranaje planeta 13 falta y el árbol de entrada 18 hace girar el engranaje corona 14, que engrana con un número de engranajes satélite 12. Los engranajes satélite 12 de las primeras etapas se conectan entonces a engranajes satélite 12 de un tamaño mayor en una segunda etapa, que engranan con un engranaje planeta 13, que se conecta al árbol de salida 19 de la caja de engranajes 11. Son también factibles otros diseños de caja de engranajes 11 dependiendo frecuentemente de para qué se va a usar la caja de engranajes 11. En turbinas eólicas 1 la caja de engranajes 11 podría diseñarse para llevar toda la carga del rotor 4, lo que significa que la caja de engranajes 11 ha de diseñarse para manejar esta carga masiva sobre el lado de entrada de la caja de engranajes 11, mientras que la carga sobre el lado de salida de la caja de engranajes sería significativamente más pequeña. Las cajas de engranajes epicicloidales 11 usadas en turbinas eólicas 1 diferentes o cajas de engranajes 11 usadas en otras aplicaciones podrían diseñarse por lo tanto de modo diferente para satisfacer diferentes necesidades.

En esta realización de la invención el portasatélites 15 se forma como una simple placa que conecta los tres engranajes satélite 12, pero en otra realización el portasatélites 15 podría comprender un cojinete para el guiado y estabilización del portador 15. Este sería por ejemplo el caso si el portador 15 se conectara a un rotor 4 de turbina eólica y el portasatélites 15 también tuviera que transferir toda la carga del rotor 4. El anillo interior de un cojinete de gran diámetro podría por ejemplo montarse sobre el exterior del engranaje corona 4 y el anillo exterior del cojinete podría conectarse al portasatélites 15, que se extendería a continuación más allá del engranaje corona 14 o podría proporcionarse un portasatélites 15 más o menos circular con un cojinete alrededor de su perímetro exterior, en el que el anillo exterior del cojinete se conectara al engranaje corona 14, a la carcasa de la caja de engranajes 20 o se fijara en otras formas.

La fig. 5 ilustra una parte de una sección transversal de una realización de una caja de engranajes epicicloidal 11, tal como se ve desde el lateral. En esta realización de una caja de engranajes epicicloidal 11 los engranajes satélite 12 se proporcionan cada uno con dos cojinetes 17 yuxtapuestos pero en otra realización los engranajes satélite 12 podrían proporcionarse con otro número de cojinetes 17 o los cojinetes 17 podrían colocarse en el portasatélites 15, en donde el árbol 16 se conectaría rígidamente a los engranajes satélite 12.

El portasatélites 15 se proporciona con un árbol de entrada 18, que podría ser el árbol de baja velocidad 6 de una turbina eólica 1, pero en otra realización el portador 15 podría acoplarse directamente al equipo de generación de entrada tal como el buje de un rotor 4 de turbina eólica.

Los engranajes satélite 12 engranan con el engranaje corona 14, que en esta realización se conecta rígidamente a la carcasa de la caja de engranajes 20, y con el engranaje planeta 13, que se proporciona con un árbol de salida 19, por ejemplo conectado a otra etapa de engranajes o conectado a un generador 9 de la turbina eólica.

En esta realización de la invención el portasatélites 15 se proporciona con un número de sensores de vibración 21, más probablemente en la forma de acelerómetros, pero podrían ser también micrófonos que miden las emisiones

acústicas que generan las vibraciones.

5 En otra realización de la invención los sensores 21 que miden valores de estado podrían ser también por ejemplo extensómetros, termómetros u otros tipos de sensores 21 que proporcionan información de las condiciones del equipo sobre el que se montan o cualquier equipo relacionado.

10 El portador 15 se proporciona en esta realización con un sensor 21 en el extremo de cada árbol de engranajes satélite 16, lo que en este caso proporcionaría al portador tres sensores 21, pero en otra realización de la invención la caja de engranajes 11 podría proporcionarse con otro número de sensores 21 y los sensores 21 podrían colocarse en cualquier otro lado, tal como en una localización diferente del portador 15, directamente sobre el árbol de engranajes satélite 16, en los árboles de los engranajes satélite 16 (por ejemplo, en un orificio, en un rebaje o en otra forma de cavidad en los árboles 16), sobre los engranajes satélite 12, sobre el engranaje planeta 13, sobre el árbol de entrada 18, sobre el árbol de salida 19, sobre el anillo interior de los cojinetes 17, sobre el anillo exterior de los cojinetes 17, sobre otro elemento giratorio de la caja de engranajes 11 o una combinación de diferentes localizaciones.

15 Los sensores 21 podrían medir la vibración de las diferentes partes móviles o rotativas de la caja de engranajes 11 pero es factible también, que los sensores 21 pudieran recoger vibraciones de defectos que se originen en otras partes de la turbina eólica 1, tales como cojinetes fuera de la caja de engranajes 11, el rotor 4 o el generador 9.

20 La fig. 6 ilustra una realización de un sistema de supervisión de vibraciones para una caja de engranajes epicicloidial 11, tal como se ve desde el frente.

25 En esta realización de la invención se coloca un sensor 21 más o menos centralmente sobre el portasatélites 15. El sensor 21 se conecta a un transmisor de datos 22, que puede transmitir la señal del sensor de modo inalámbrico a un receptor de datos externo 23.

30 En esta realización el sensor 21 se conecta a un transmisor de datos 22 a través de un cableado físico pero en otra realización las señales y/o alimentación eléctrica podrían transmitirse a y/o desde los sensores 21 a y/o desde el transmisor de datos 22 de modo inalámbrico.

35 En esta realización de la invención el transmisor de datos 22 podría comunicar con el receptor de datos externo 23 de modo inalámbrico.

40 El transmisor de datos 22 podría comunicar la señal del sensor sin procesar de modo continuo o podría transmitir la señal del sensor sin procesar en ciertos intervalos de tiempo o tras la recepción de una señal desde un emisor solicitante 25 colocado externamente que solicite la señal o señales del sensor. El transmisor de datos 22 podría alimentarse con batería o podría funcionar como un transpondedor, en el que el receptor de datos 23 externo u otra fuente externa emite un impulso electromagnético suficientemente grande para que el transmisor de datos 22 produzca suficiente potencia para alimentar el sensor 21 y transmitir las señales del sensor de vuelta al receptor de datos 23 externo. Una solución de transpondedor podría hacer innecesaria una fuente de alimentación interna en el transmisor de datos 22.

45 En otra realización de la invención el transmisor de datos 22 o el sensor 21 o sensores 21 podrían conectarse al receptor de datos externo 23 directamente por medio de cables, por ejemplo que actúen como conductores de datos y/o suministren alimentación al transmisor de datos 22 o sensores 21.

50 Este cableado físico tendría que pasar al menos una junta rotativa entre un árbol rotativo y el receptor de datos externo 23 colocado fijo, por ejemplo, en la góndola 3. La transmisión de señales, alimentación eléctrica u otras a través de esta junta rotativa podría realizarse, por ejemplo, por medio de un anillo deslizante, una conexión de escobillas, un colector u otros medios para transferir alimentación y/o señales a y desde un árbol rotativo.

55 La fig. 7 ilustra otra realización de un sistema de supervisión de vibraciones para una caja de engranajes epicicloidial 11, tal como se ve desde el frente.

60 En esta realización de la invención se proporciona el portasatélites 15 con tres sensores 21 colocados en, o en estrecha proximidad con, los árboles de engranajes satélite 16. Los tres sensores 21 se conectan a la misma unidad de procesamiento de datos 24. La unidad de procesamiento de datos 24 podría actuar como un filtro que elimina ruido o fluctuaciones a corto plazo indeseadas de la señal del sensor o podría comprimir las señales del sensor antes de que se transmitan al receptor de datos externo 23. La unidad de procesamiento de datos 24 podría analizar también las señales del sensor y transmitir a continuación una señal de alarma al receptor de datos externo 23 si detecta anomalías, por ejemplo en la forma de frecuencias de defecto.

65 La unidad de procesamiento de datos 24 podría transmitir la señal del sensor filtrada o comprimida o la conclusión del análisis de datos continuamente, en ciertos intervalos de tiempo o tras la recepción de una señal desde un emisor solicitante 25 colocado externamente.

En esta realización de la invención los sensores 21, la unidad de procesamiento de datos 24 y el transmisor de datos 22 se muestran como componentes individuales separados conectados por conductores pero en otra realización los diferentes componentes 21, 22, 24 podrían integrarse en una unidad o, por ejemplo la unidad de procesamiento de datos 24 y el transmisor de datos 22 podría integrarse en una unidad.

5 La invención se ha ejemplificado anteriormente con referencia a ejemplos específicos de sensores de vibración 21 montados sobre las partes rotativas de cajas de engranajes 7, 11. Sin embargo, debería entenderse que la invención no está limitada a los ejemplos particulares descritos anteriormente sino que puede diseñarse y alterarse en una multitud de variedades dentro del alcance de la invención tal como se especifica en las reivindicaciones.

10 **Lista**

1. Turbina eólica
2. Torre
- 15 3. Góndola
4. Rotor
5. Pala
6. Árbol de baja velocidad
7. Caja de engranajes
- 20 8. Mecanismo de balancín
9. Generador
10. Árbol de alta velocidad
11. Caja de engranajes epicicloidal
12. Engranaje satélite
- 25 13. Engranaje planeta
14. Engranaje corona
15. Portasatélites
16. Árbol de engranajes satélite
17. Cojinete de engranajes satélite
- 30 18. Árbol de entrada
19. Árbol de salida
20. Carcasa de la caja de engranajes
21. Sensor
22. Transmisor de datos
- 35 23. Receptor de datos externo
24. Unidad de procesamiento de datos
25. Emisor solicitante

REIVINDICACIONES

1. Una caja de engranajes epicicloidal (11) que comprende
- 5 una carcasa (20) de caja de engranajes,
una o más partes de la caja de engranajes rotativas con relación a dicha carcasa (20), y
uno o más sensores (21) que comprenden medios para medir vibraciones y/o emisión acústica de dicha caja de engranajes (11),
- 10 en la que dichos uno o más sensores (21) se montan sobre una o más de dichas partes rotativas de dicha caja de engranajes(11),
- 15 **caracterizada por que**
dichos uno o más sensores (21) se montan sobre al menos un portasatélites (15) de dicha caja de engranajes epicicloidal (11).
- 20 2. Una caja de engranajes epicicloidal (11) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que cada uno de dichos al menos un portasatélites (15) comprende solamente un sensor (21).
3. Una caja de engranajes epicicloidal (11) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que dichos uno o más sensores (21) son uno o más acelerómetros y/o uno o más micrófonos.
- 25 4. Una caja de engranajes epicicloidal (11) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que dichos uno o más sensores (21) se conectan a uno o más transmisores de datos (22) para transmitir datos a un receptor de datos externo (23).
- 30 5. Una caja de engranajes epicicloidal (11) de acuerdo con la reivindicación 4, en la que dicha conexión se realiza de modo inalámbrico.
6. Una caja de engranajes epicicloidal (11) de acuerdo con la reivindicación 4 o 5, en la que dichos uno o más transmisores de datos (22) se montan sobre dichas una o más partes rotativas de dicha caja de engranajes epicicloidal (11).
- 35 7. Una caja de engranajes epicicloidal (11) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en la que dichos uno o más transmisores de datos (22) comprenden medios para transmitir datos continuamente durante el funcionamiento de dicha caja de engranajes epicicloidal (11).
- 40 8. Una caja de engranajes epicicloidal (11) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, en la que dichos uno o más transmisores de datos (22) comprenden medios para transmitir datos tras la recepción de una solicitud desde un emisor solicitante (25) externamente situado.
- 45 9. Una caja de engranajes epicicloidal (11) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 a 8, en la que dichos uno o más transmisores de datos (22) están cableados físicamente a dicho receptor de datos externo (23), por ejemplo, a través de una conexión de anillo deslizante o escobillas.
- 50 10. Una caja de engranajes epicicloidal (11) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 a 8, en la que dichos uno o más transmisores de datos (22) comprenden medios para transmitir dichas mediciones de sensores (21) de modo inalámbrico.
- 55 11. Una caja de engranajes epicicloidal (11) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 a 10, en la que dichos uno o más transmisores de datos (22) y dichos uno o más sensores (21) se forman de modo integral como una unidad.
- 60 12. Una caja de engranajes epicicloidal (11) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en la que dichos uno o más sensores (21) se conectan a una o más unidades de procesamiento de datos (24) montadas sobre dichas una o más partes rotativas de dicha caja de engranajes(11).
- 65 13. Una caja de engranajes epicicloidal (11) de acuerdo con la reivindicación 12, en la que dichas una o más unidades de procesamiento de datos (24) comprenden medios para comprimir los datos de dichas una o más mediciones de sensores (21).
14. Una caja de engranajes epicicloidal (11) de acuerdo con la reivindicación 12 o 13, en la que dichas una o más unidades de procesamiento de datos (24) se forman de modo integral como una unidad con dichos uno o más

transmisores de datos (22) o dichos uno o más sensores (21).

15. Una turbina eólica (1) que comprende al menos una caja de engranajes epicicloidal (7) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo dicha caja de engranajes epicicloidal (7)

5 uno o más sensores (21) que comprenden medios para medir vibraciones y/o emisión acústica de la turbina eólica (1).

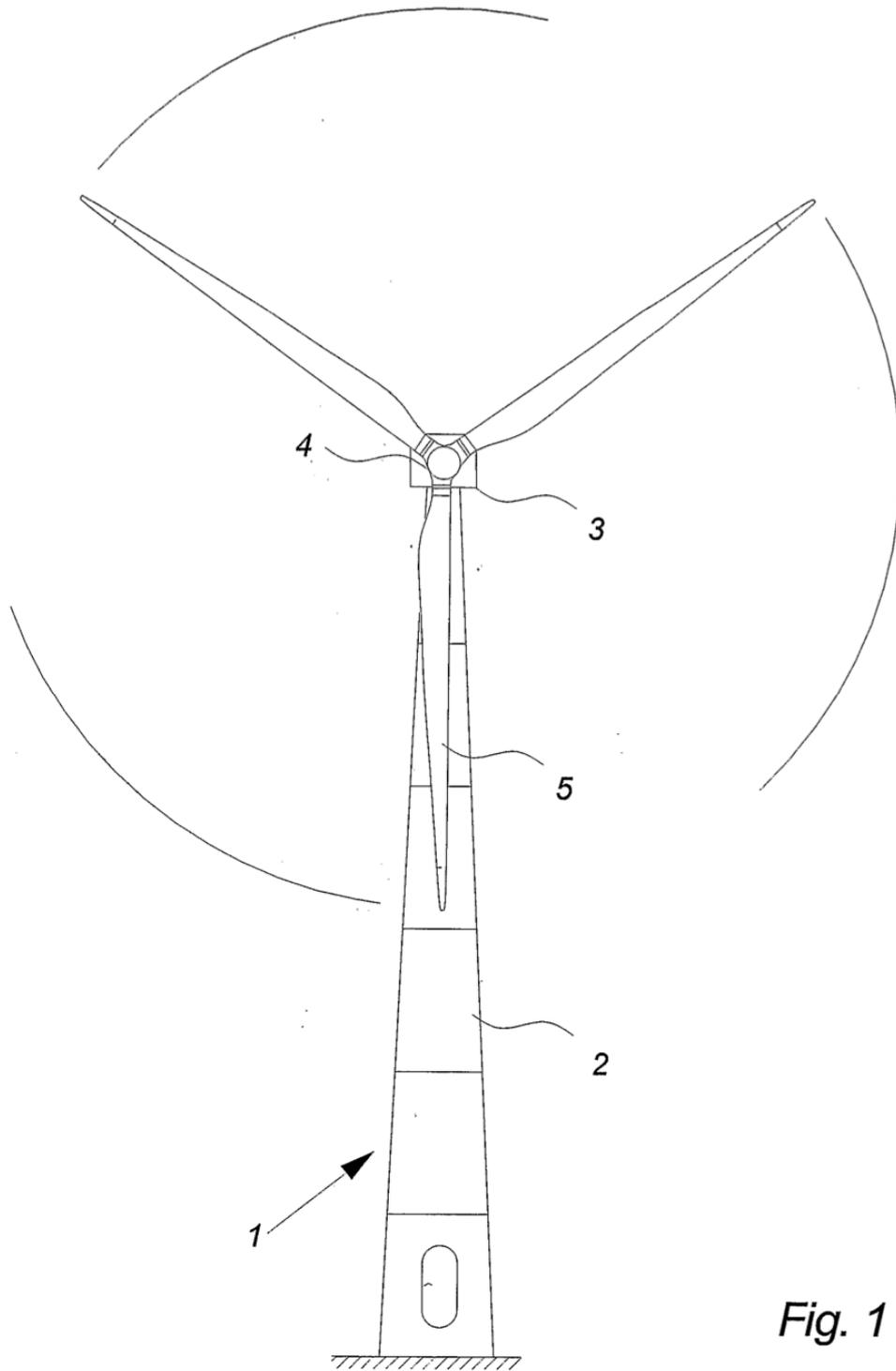


Fig. 1

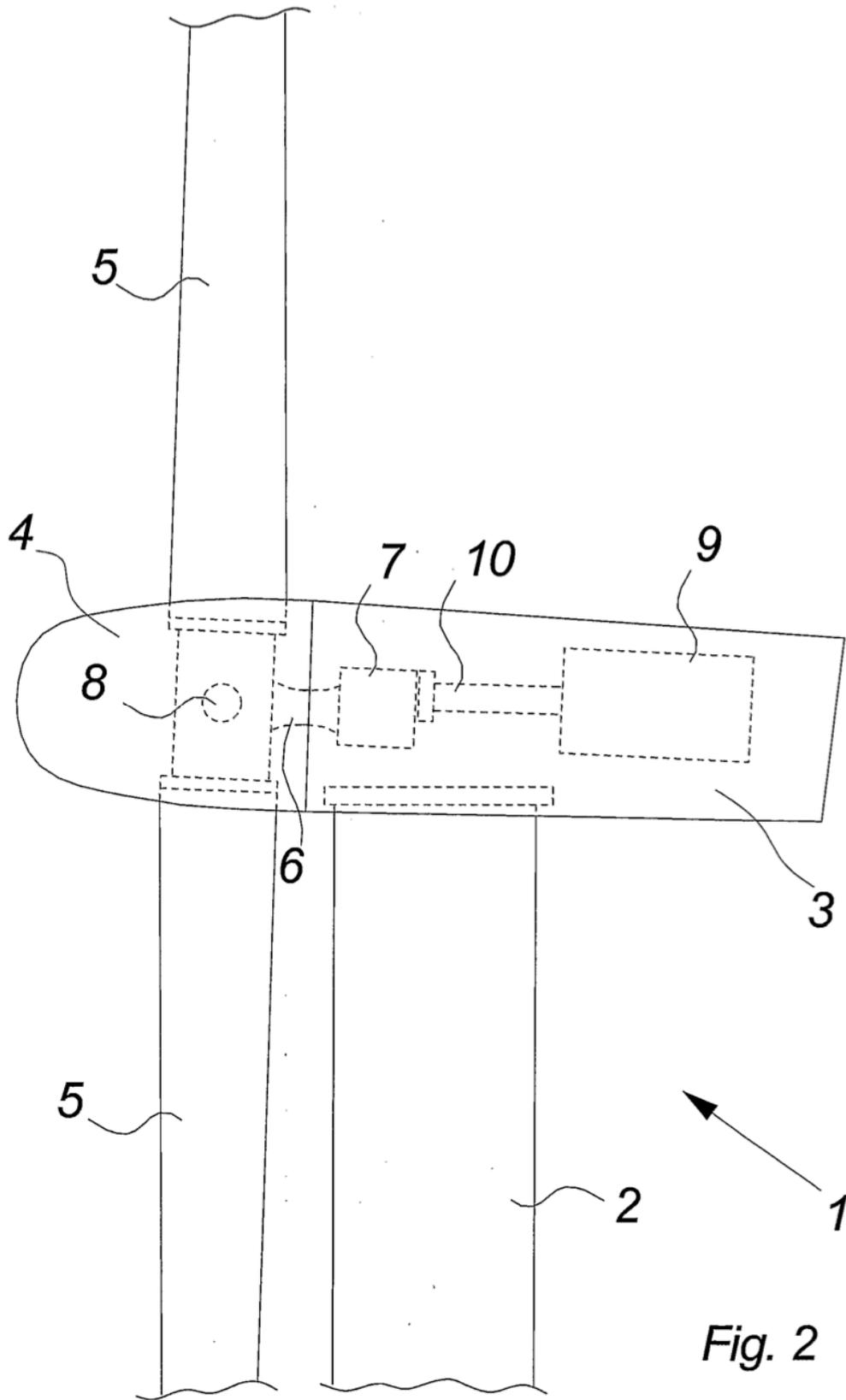


Fig. 2

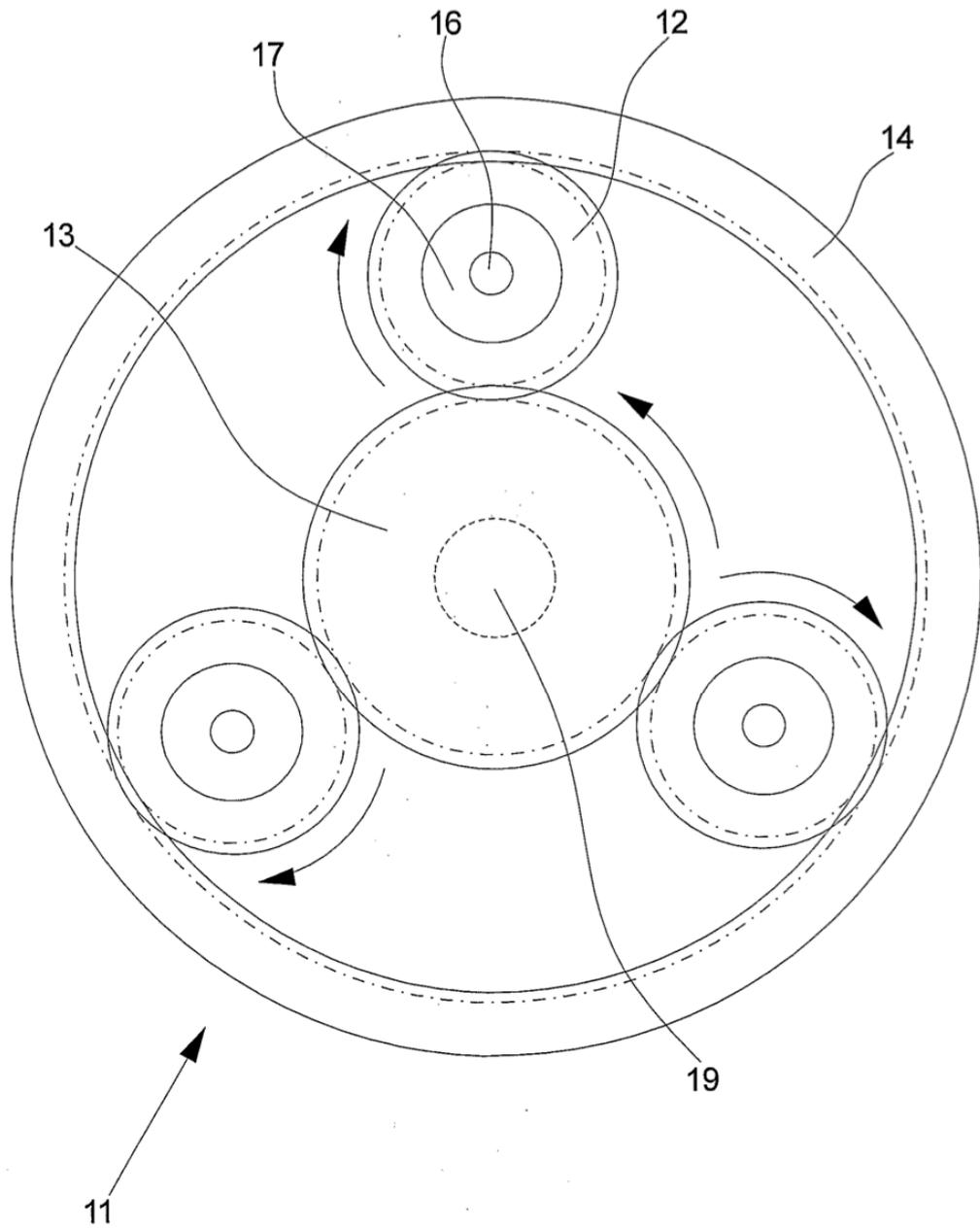


Fig. 3

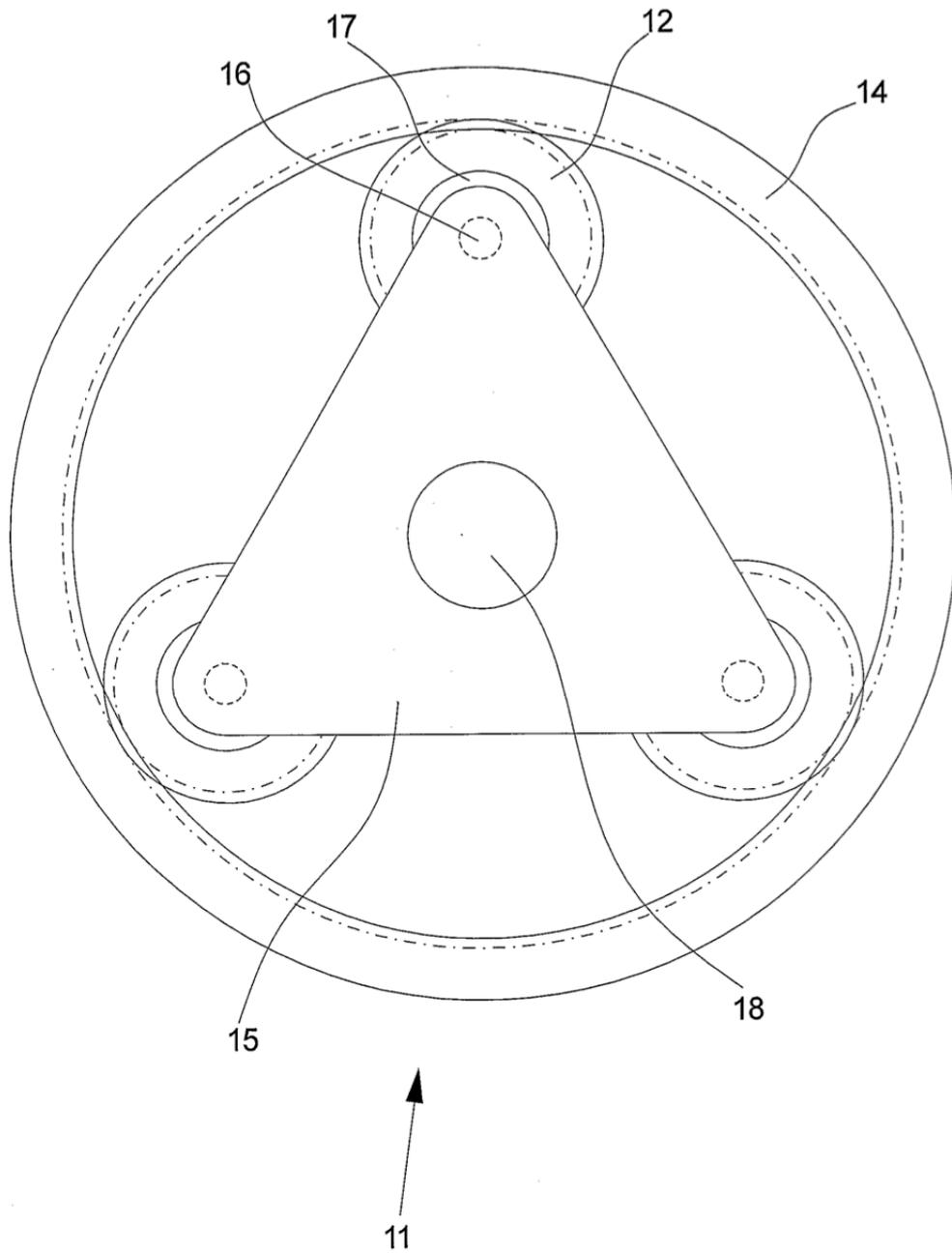


Fig. 4

